

## 【補助事業概要の広報資料】

補助事業番号 25-94  
補助事業名 平成25年度 摩擦攪拌Al-Mg継手作製に関する研究補助事業  
補助事業者名 岐阜大学工学部機械工学科 植松美彦

### 1 補助事業の概要

#### (1) 事業の目的

特に輸送機器分野における軽量化を促進するためには、代表的な軽量構造材料であるAl合金やMg合金を積極的に利用する必要がある。さらに、異なる軽量合金を複数の箇所に適宜利用するために、異種金属間の接合を行うことが重要なテーマとなっている。しかし、特にAl合金やMg合金を溶融接合しようとするれば、容易に金属間化合物を生じてしまい、高強度の継手を作製することが難しい。本事業では、入熱の少ない固相接合手法である摩擦攪拌スポット接合によってAl合金とMg合金の異種金属接合継手を作製すること、形状を工夫したプローブの無い渦溝ツールを用いて接合を行うこと、さらに実用化を踏まえて、継手の疲労強度や疲労破壊機構を検討することを目的としている。

#### (2) 実施内容

##### ①摩擦攪拌Al-Mg継手作製に関する研究 (<http://www1.gifu-u.ac.jp/~fatigue/>)

#### 1. 接合ツール

図1に示すような渦溝ツールを作製した。渦溝ツールは鉄とアルミニウム(AI)合金の接合に有利とされているが、本事業では渦溝の形状を改良し、より中心部まで渦溝が存在する形状とした。また、比較として通常のプローブツールによる接合も行った。

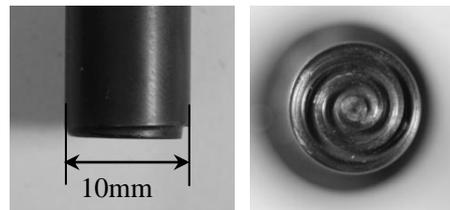


図1 ツール形状

#### 2. 接合条件と接合強度

Al-Mg合金異種金属継手を複数の接合条件下で、渦溝ツールを用いて接合した。さらに引張り試験を実施し、Mg合金同士の同種金属接合継手と同程度の引張強度が得られる最適接合条件を見出した。その結果、ツールの回転数が3000rpm、保持時間4秒、ツールの押し込み量1mmが最適と判明した。最適条件で接合したAl-Mg合金異種金属継手の静的強度を、他の継ぎ手と比較して図2に示すが、Al-Mg継手は、Mg-Mg同種金属継手もしくはMg-Fe異種金属継手と同程度の強度を達成した。

### 3. 接合組織

高い強度を有するAl-Mg合金異種金属継手の断面部組織を観察し、さらに計画書にある用にEDXによる成分分析を行った。図3はSEMで観察した界面の微視的様相と、白い線に沿ったEDXによる線分析結果である。その結果、接合界面にAlとMgの金属間化合物(IMC)であるAl<sub>12</sub>Mg<sub>17</sub>が形成されていること、IMC相の厚さは数ミクロン程度であり、中心部からの距離によって厚さが増えることなどを明らかにした。特に比較的高い引張強度が得られるケースは、接合界面に厚さ数ミクロンという薄いIMC相が形成される場合に一致することがわかり、薄いIMC相がAl合金とMg合金の接着層となっていることを解明した。

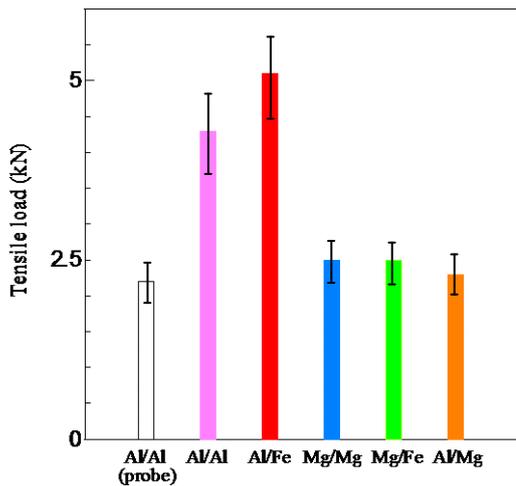


図2 各継手の静的引張強度

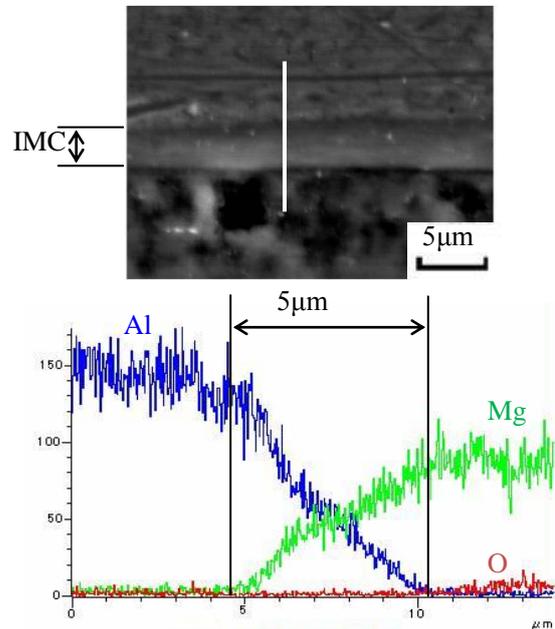


図3 接合界面のSEM像とEDXによる線分析結果

### 4. 疲労信頼性

疲労試験の結果を図4に示す。●印で示すAl-Mg継手の疲労強度はAl-Fe継手には及ばないが、Mg-MgもしくはMg-Fe継手と同程度の疲労強度が得られ、実用的には十分なものとなった。一般にMgはAlより強度が劣ることから、継手の強度がMg側の板材に律則されたと考えられる。図5はAl-Mg継手の代表的な疲労破面である。a~gで示す部分で詳細な成分分析を行ったが、Al側とMg側のいずれにおいてもAlとMgの双方が検出され、破面がAl<sub>12</sub>Mg<sub>17</sub>の金属間化合物で覆われていることが判明した。すなわち、き裂進展経路が界面に存在する金属間化合物中を進展していることを示している。通常、金属間化合物層は薄い方が強度的に

有利とされているが、本研究では図3で示したように約 $5\mu\text{m}$ と比較的厚いものであった。それにもかかわらず高い静的強度と疲労強度が得られたのは、渦溝ツールを利用したために材料の攪拌が弱く、金属間化合物層とAlもしくはMg合金との界面が非常に平坦となったためと考えられ、渦溝ツールがAlとMgの異種金属結合に適していることを示している。

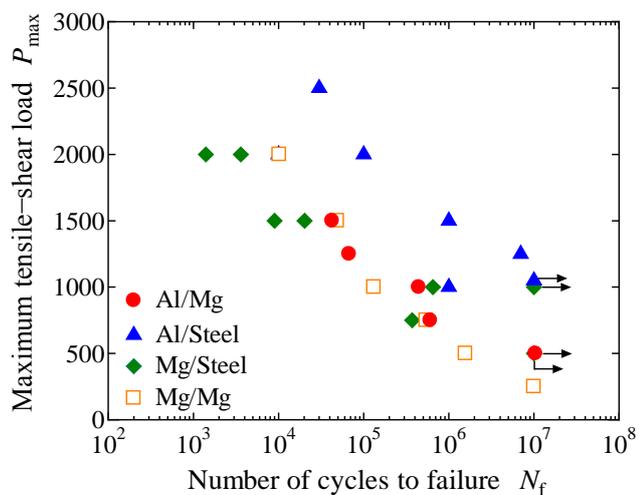


図4 疲労試験における最大荷重と破断繰返し数の関係

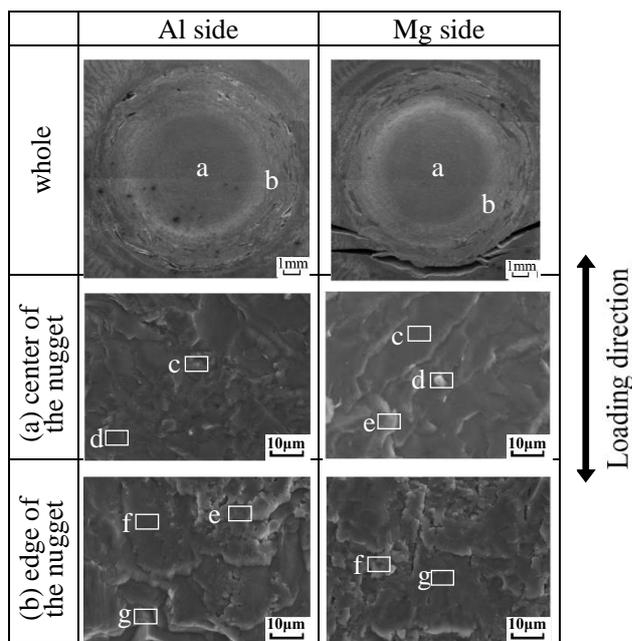


図5 巨視的および微視的な破面様相と成分分析の位置

## 2 予想される事業実施効果

Al合金、Mg合金ともに重要な軽量構造材料であり、自動車や航空機などの輸送機器分野での利用拡大が期待されている。軽量化にはCFRPのような樹脂材料を使うのか、あるいは軽量合金を利用するのか試行錯誤の段階であるが、金属材料には良好なリサイクル性や加工性など、樹脂材料にはない利点も多い。本研究成果により、Al合金とMg合金の高強度なスポット接合が可能になったことから、異種の軽量合金を利用した輸送機器への展開が期

待される。特に旅客機分野では、エアバスA380やボーイング787でCFRPが多用されたが、その扱いの難しさから金属材料への回帰も検討されており、実際に三菱重工のMRJでは当初計画されていたCFRP製の主翼がAl合金へと変更となった。本研究の結果は、このような金属材料回帰への流を加速する効果が予想される。Al合金やMg合金は、現時点ではCFRPより安価に作製が可能のため、本研究成果の適用により、より安価に軽量の構造体の作製が可能となり、輸送機器分野での利用拡大が予想される。

### 3 補助事業に係る成果物

#### (1) 補助事業により作成したもの

該当なし

#### (2) (1) 以外で当事業において作成したもの

日本機械学会 2013年度 年次大会講演論文集

「渦溝ツールにより作製したA6061/AZ31異種金属摩擦攪拌スポット接合継手の疲労挙動」



### 4 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 岐阜大学工学部機械工学科（ギフダイガクキカイコウガツカ）

住 所： 〒501-1193

岐阜市柳戸 1 - 1

申 請 者： 教授・植松美彦（ウエマツヨシヒコ）

担 当 部 署： 同上

E-mail： yuematsu@gifu-u.ac.jp

URL： <http://www1.gifu-u.ac.jp/~fatigue/>